

[ ADITIVOS NATURALES ]

# Influencia de la betaína sobre la calidad de la leche en pequeños rumiantes

**Carlos Fernández**

**Carmen María Mata**

**José Manuel de la Fuente\***

Dpto. Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Universidad Cardenal Herrera CEU. Valencia.

\* Danisco Animal Nutrition

Los grandes avances en Alimentación Animal de finales del siglo XX se han visto empañados por serias crisis alimentarias. El mantenimiento del bienestar animal y humano pasa por la inclusión en las dietas de los animales de ingredientes seguros para el consumidor. La búsqueda de alternativas más “naturales” es el principal objetivo de las industrias en el día de hoy, manteniendo el bienestar animal, reduciendo la contaminación y respetando el medio ambiente



Actualmente se buscan estrategias que, además de los aspectos productivos, tengan en cuenta el bienestar y la salud de los animales. La tendencia actual en países desarrollados es la práctica de una ganadería más “ecológica” con sistemas de producción sostenible ligados a la tierra, con productividades aceptables junto a alimentos de calidad diferenciada y alta seguridad alimentaria. Estas nuevas ideas “ecológicas” tienen importantes implicaciones socioeconómicas en áreas marginales. La restricción del uso de los antibióticos impuesta por la UE ha obligado a buscar alternativas naturales que protejan a los animales frente a los agentes causantes de enfermedades que merman su producción. El empleo de aditivos naturales con el objetivo de mejorar el sistema de producción en este tipo de explotaciones parece ser la mejor alternativa (Fernández, 2005). En este sentido, cualquier aditivo (ya sean probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, aceites esenciales, extractos de plantas, y otros) que

influyan positivamente en el animal, su productividad y en el medio ambiente, va a ser de indudable interés social y técnico en la Europa del siglo XXI. Y entre la infinidad de aditivos existentes en el mercado actual, la betaína se presenta como un aditivo natural de alto potencial para ayudar a mejorar los rendimientos productivos de pequeños rumiantes.

## [ Bioproducto natural: betaína

### Origen de la betaína. Bioproducto natural

Dentro de todos los bioproductos naturales existentes, la betaína es un aditivo que de forma natural se acumula principalmente en plantas pertenecientes a la familia *Chenopodiaceae* (ej. remolacha azucarera, acelga, etc.) y algunos microorganismos e invertebrados marinos. Esta acumulación se debe a que estos organismos protegen de esta forma las células del estrés osmótico en condiciones de se-



quía o de alta salinidad. Además, la gran mayoría de los organismos utilizan la betaína como fuente de grupos metilo en reacciones de transmetilación. Por lo tanto, se encuentra presente en todos los organismos vivos, y en concentraciones altas no conlleva ningún problema por toxicidad. Químicamente, betaína es lo mismo que glicina-betaína, trimetilglicina, es decir, es un compuesto de amonio cuaternario, con tres grupos metilos unidos al átomo de nitrógeno de una molécula de glicina. Es molecularmente estable, tolerando incluso temperaturas de hasta 200 °C. La betaína (trimetilglicina) es principalmente metabolizada a dimetilglicina y posteriormente a sarcosina y glicina en el cuerpo, aunque en algunas ocasiones se forme trimetilamina por acción de la flora intestinal. Debido a sus propiedades como donante de grupos metilo, la betaína cumple una serie de funciones en el organismo que se resumen a continuación:

- **METILACIÓN**
- **OSMOREGULACIÓN:** Estrés térmico; Disfunción intestinal o infecciones; Transición de los peces del agua dulce al agua salada
- **MEJORADOR CANAL:** Reducción en la deposición grasa; Mayor porcentaje de magro; Reducción en pérdidas por goteo
- **SUSTITUTO DE COLINA Y/O METIONINA**
- **FAVORECEDOR DE LA SÍNTESIS DE ACETATO A NIVEL DEL RUMEN**

### La betaína como fuente de grupos metilo

La betaína, metionina, y colina contienen grupos metilo que pueden

transferirse mediante reacciones de transmetilación hacia rutas metabólicas de síntesis de metionina, carnitina y creatina. Se denominan donantes de grupos metilo a aquellos compuestos que poseen grupos metilo disponibles. Las sustancias que usualmente actúan como donantes de grupos metilo (colina, metionina) desempeñan otras funciones en el organismo (ver cuadro inferior). Así, la función de la metionina es la síntesis de proteínas y es el único precursor de S-Adenosil-Metionina (primer donador de grupos metilo en el organismo).

Los grupos metilo son necesarios para producir:

ADN	FOSFOLÍPIDOS	HORMONAS	ADRENALINA
PROTEÍNA Magro	CARNITINA Metabolismo graso	POLIAMINAS Regulación de mucosa intestinal	CREATINA Energía en la formación muscular

Pero la metionina debe de aportarse en la dieta debido a que el animal no puede sintetizarla (es un aminoácido esencial). Es por esto que si se produce una caída en el suministro de metionina se produciría un descenso en las producciones y por tanto, un retraso en el crecimiento o descenso en la producción y contenido proteico en leche. En el caso de la colina, su papel primordial es la formación de fosfolípidos.

Cuando se formulan dietas comerciales en alimentación animal, la metionina y colina se añaden para satisfacer las necesidades específicas de estos compuestos en el animal y, por otro lado, para satisfacer la demanda de grupos metilo que existen en el organismo. La betaína se presenta como una de las formas más eficaces de

proveer grupos metilo, y reduce significativamente las necesidades de metionina y colina como donantes de grupos metilo.

### Betaína en el metabolismo de lípidos

Las reacciones de transmetilación son fundamentales en el metabolismo de las grasas en el hígado, ya que la movilización de lípidos del hígado normalmente la originan las fuentes de metilo. Este efecto ha sido demostrado en ratas alimentadas con dietas altas en colesterol, suplementadas con betaína (Sugiyama et al. 1986). La suplementación en la dieta con betaína protegió eficazmente a las ratas del síndrome de hígado graso inducido experimentalmente, generando mayores concentraciones de S-Adenosil-Metionina (Barak et al. 1993) que es un donante de grupos metilo. También la betaína es capaz de mostrar su influencia en el transporte de lípidos en seres humanos disminuyendo el nivel de colesterol y el perfil lipoproteico de la sangre (Turpin, 1985). Por otra parte, estimula la descomposición aeróbica de los ácidos grasos mediante su función en la síntesis de carnitina. Por tanto, una de las ventajas

inmediatas de la betaína es la prevención de hígados grasos, mejorando además la redistribución de grasa entre los tejidos del organismo (Saunderson y MacKinlay, 1990). Además, la betaína reduce el número

de lipoproteínas de muy baja densidad, lo cual también tiene un efecto positivo en la reducción de la grasa (Vitarnen y Campbell 1994).

### Betaína como osmoprotectora

Una de las misiones de la betaína sobre plantas y microorganismos es su propiedad de aumentar la resistencia osmótica de las células bajo estrés causado por sequía o alta salinidad, evitando la pérdida de agua. La pérdida de agua en el organismo nos llevará a una deshidratación, pero en un animal lechero va a afectar directamente a la producción de leche (McCue y Hanson, 1990). Además la betaína estimula la actividad macromolecular, aumentando la temperatura y

la tolerancia iónica de enzimas y membranas, es decir, tiene una actuación como protectora de la función enzimática. Temperaturas extremas y concentraciones elevadas de sales alteran la estructura de las enzimas, produciendo su desactivación. Pues bien, parece ser que la betaína protege a las enzimas de cambios estructurales y las mantiene activas (Nash et al., 1982; Yancey et al., 1982; Papageorgiu et al., 1991). La betaína en monogástricos y ruminantes, muestra una función osmótica estabilizadora en el intestino. Así, en lechones destetados precozmente, incrementa el consumo de alimento y el crecimiento. En terneros, cuando se añade betaína durante la sustitución de calostro, se reduce el número de días de diarrea y su intensidad.

### Betaína, la producción de leche y animales rumiantes

En la leche se encuentran compuestos metilados como la colina, creatina y carnitina. Estos compuestos son importantes para los recién nacidos, ya que no pueden sintetizarlos por sí mismos y se los aporta la leche.

La creatina es un almacén de energía (ATP) que necesita de grupos metilo para sintetizarse y dicha síntesis tiene lugar a partir de la metionina y betaína. La carnitina se forma a partir de metionina, lisina y betaína. Su principal papel en el organismo es la de facilitar el transporte de ácidos grasos de cadena larga hacia la mitocondria para su oxidación y posterior obtención de energía (ATP) vía  $\beta$ -oxidación y fosforilación oxidativa. La colina se forma al igual que la creatina a partir de metionina y betaína. Tiene un papel principal a la hora de sinteti-



**La betaína se presenta como una de las formas más eficaces de proveer grupos metilo, y reduce significativamente las necesidades de metionina y colina como donantes de grupos metilo**

Betaína en vacuno, cabras y ovejas	
Casi el 100% de los grupos se aprovecha en el metabolismo	
Parte de la betaína se degrada en el rumen	Parte de la betaína en estable en el rumen (by-pass)
Síntesis de acético por los microorganismos ruminales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de ATP (Energía)</li> <li>• Fuente de acetil coenzima A (composición grasa de la leche)</li> </ul>	Absorción en el intestino delgado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Donador de grupos metilo (ahorra metionina)</li> <li>• Regulador osmótico</li> <li>• Mejorador de canal (menos grasa y más magro)</li> </ul>

zar fosfolípidos haciendo más fácil el reparto y transporte de lípidos en el organismo.

### Obtención del producto comercial

La betaína se obtiene a partir de la remolacha azucarera. La melaza contiene aproximadamente un 50% de azúcar y toda la betaína original. La melaza es utilizada como materia prima en la producción de azúcar y betaína mediante el proceso de separación cromatográfica desarrollado y patentado a nivel mundial por Finnfeeds Danisco Cultor. La betaína en la actualidad está registrada como una provitamina.

### Hipótesis de trabajo

Como hemos comentado previamente, la betaína es químicamente trimetilglicina, compuesto natural que, en nuestro caso concreto, procede de la remolacha azucarera. Betaína, metionina, colina, algunas vitaminas como la B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> y ácido fólico son las principales fuentes de grupos metilo en las dietas de los animales (Puchala et al., 1995; 1998). En ruminantes se ha demostrado que parte de la betaína es degradada en el rumen (un 83%), favoreciéndose la síntesis de uno de los ácidos grasos volátiles precursores de la síntesis de grasa en leche (Mitchel et al., 1979).

Aunque se han realizado trabajos en animales en crecimiento (sobre todo en porcino y broilers), es aún escasa la información disponible sobre su efecto en animales lecheros (especialmente ruminantes). En este trabajo se ha estudiado el efecto que tiene la betaína sobre la producción y la composición química de la leche en pequeños rumiantes. Los pequeños rumiantes más representativos son las ovejas y hoy en día está cobrando una gran

importancia también el ganado caprino (especialmente la raza Murciano-Granadina).

### Material y métodos

#### Experimento 1: ovejas raza Manchega

Se seleccionaron 36 ovejas de raza Manchega dentro de un rebaño de 100 ovejas. El experimento se realizó en la granja Experimental de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete. Del total del rebaño formado por 100 ovejas se seleccionaron 36 que fueron repartidas en 3 lotes homogéneos de 12 animales. Dichos lotes se crearon en función de la edad, número de lactación, número de corderos nacidos y producción de leche en previas lactaciones. Las ovejas estuvieron amamantando a sus corderos hasta que se produjo un destete brusco a los 42±3 días, pasando a continuación a un ordeño mecánico dos veces al día (9:00 a.m. y 17:00 p.m.) durante todo el periodo de ordeño. El secado se produjo cuando la producción fue inferior a 200 ml/día. El ordeño se realizó en una sala tipo "Casse" 2 x 12 x 12 con los siguientes parámetros de ordeño: 180 pulsaciones por minuto; 38kPa de vacío; relación de pulsación de 50%. El régimen de alimentación al que estuvieron sometidas las ovejas fue en base a heno de alfalfa a voluntad y un pienso compuesto equilibrado en nutrientes a razón de 0,8 kg/oveja y día. Los piensos fueron formulados atendiendo a las recomendaciones del INRA (1988) y el AFRC (1998) sobre equilibrio en nutrientes para ovino lechero. Los piensos fueron fabricados por Leycesa (Albacete). El nivel de betaína suministrado en los piensos fue de 0, 0.2 y 0.4% de betaína. La betaína fue suministrada por la empresa Danisco Animal Nutrition (Finnfeeds

– Finlandia). Para los análisis químicos de las dietas se siguieron las recomendaciones de la AOAC (1995) y de Van Soest et al. (1991). Durante todo el periodo de ordeño se controló semanalmente la producción de leche, hasta un máximo de 14 controles (6 - 19 semanas). La composición química de la leche del ordeño fue determinada mediante un equipamiento Milkoscan 104 A/B realizándose dichas determinaciones en el CERSYRA de Valdepeñas (Ciudad Real). Se obtuvo una muestra adicional de leche para recuento de células somáticas (RCS) y para ello se utilizó un Fossomatic 90 (Foss Electric). Para estudiar el efecto de la betaína sobre la producción y composición química de la leche, así como para comparar los valores medios entre los dos lotes, se utilizó el procedimiento GLM-LS MEANS de SASv8 (2001). Corregidas las medidas se compararon mediante mínimos cuadrados LSMEAN del SAS. Para estudiar el efecto del tiempo como medidas repetidas, ya que se realizaban controles semanales de un mismo animal, se utilizó la declaración REPEATED. El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + (B \times T)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde Y es la variable dependiente, B es la dieta (betaína y control), T es el tiempo (semana de lactación), BxT la interacción y e el error del modelo.

#### Experimento 2: cabras raza Murciano-Granadina

Se utilizaron 60 cabras de raza Murciano-Granadina (30 por lote) en primera lactación, seleccionadas de un rebaño de 170 cabras en función del número de cabritos nacidos y el peso vivo de las cabras ( $36 \pm 1,3$  kg). Dicha ganadería esta situada en el término municipal de Cobatillas (Murcia) y sometida a régimen de control lechero (Excamura S.L.). La fase experimental duró 5 meses, realizándose un primer

pesaje y control lechero al principio y otro al final. Para alimentar a los animales se utilizaron 2 piensos (a razón de 1 kg/cabra y día), y a uno de ellos se incorporó betaína a nivel de 4 g/kg. Como fuente de fibra se utilizó heno de alfalfa. Los piensos fueron formulados según las recomendaciones del INRA (1988) y el AFRC (1998) sobre



equilibrio en nutrientes para caprino lechero. Los piensos fueron fabricados por UAG (Murcia) y la betaína fue suministrada por Danisco Animal Nutrition (Finnfeeds - Finlandia). Los animales fueron alimentados diariamente con heno de alfalfa a voluntad y el pienso fue suministrado en 2 tomas (9:00 y 15:00 horas) a razón de 0,5 kg por toma. Se realizó un ordeño diario (8:00 horas) en una sala de ordeño tipo "Casse" 1 x 12 x 12 con los siguientes parámetros de ordeño: 120 pulsaciones por minuto; 44 kPa de vacío; relación de pulsación de 60%. Para los análisis químicos de los alimentos y piensos se siguieron las recomendaciones de la AOAC (1995) y de Van Soest et al. (1991).

Los parámetros químicos de la leche se determinaron en la Universidad Miguel Hernández de Elche (EPSO, Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Alicante) mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) con un equipo Milkoscan FT120. Se obtuvo una muestra adicional de leche para recuento de células somáticas (RCS) y para ello se utilizó un Fossomatic 90 (Foss Electric). Además, la extracción de grasa se llevó a cabo se-

gún la norma ISO 2001 y el residuo de grasa se reservó para el análisis del perfil de ácidos grasos con un cromatógrafo de gases (Perkim Elmer Autosystem), dichos análisis se realizaron en el Instituto del Frío (Madrid). Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SASv8 (2001) y para realizar el análisis de varianza se utilizó el procedimiento GLM, siendo la dieta el factor fijo. Para la comparación de medias se utilizó LSMEANS. El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + e_{ij}$$

Donde Y es la variable dependiente, B es la dieta (betaína y control), T es el tiempo (semana de lactación), y e el error del modelo.

## Resultados y discusión

### Experimento 1: ovejas raza Manchega

Los resultados obtenidos se reflejan en la **Tabla 1**. Tal y como se aprecia solo se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la producción de leche media durante la lactación para los 3 lotes de ovejas. Para el resto de los parámetros químicos no se observaron diferencias significativas.

Los valores obtenidos para la grasa en leche rondaron entre el 7,2 y el 7,8%, y para la proteína bruta entre el 5,9 y el 6,2% (**Gráfico 2**). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (control y los dos niveles de betaína utilizados). Para los otros componentes químicos en leche tampoco se observaron diferencias significativas, los valores medios para la lactosa fueron de 4,9% y para el extracto seco total de 15,3%. En una revisión realizada por Molina y Gallego (1994) analizando los contenidos



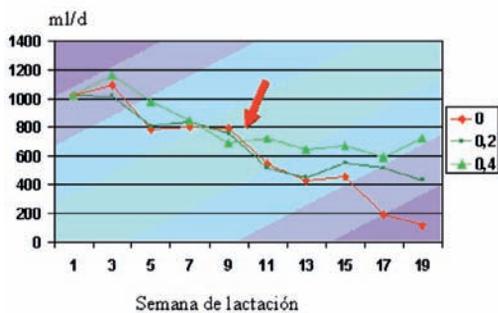
**Una de las ventajas inmediatas de la betaína es la prevención de hígados grasos, mejorando además la redistribución de grasa entre los tejidos del organismo**

**Tabla 1:**  
Resultado obtenido del experimento 1

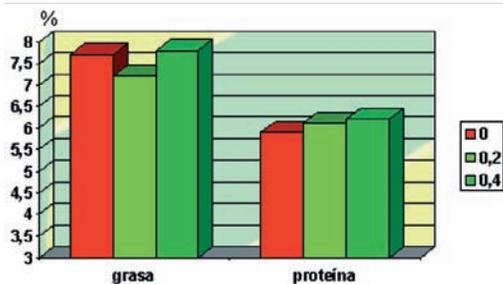
%	Control	Betaína 0,2	Betaína 0,4	EEM*
Producción leche, l/d	0,402c	0,801b	1,005a	0,120
Grasa bruta	7,7	7,2	7,8	0,158
Proteína bruta	5,9	6,1	6,2	0,070
Lactosa	4,92	4,92	4,93	0,001
Extracto seco magro	9,36	9,37	9,39	0,070
Extracto seco total	15,36	15,37	15,38	0,200
Log RCS	2,9	3,01	3,11	0,210

\* EEM: error estándar de la media. a, b, c. Filas con distinto superíndice difieren significativamente (P < 0,05)

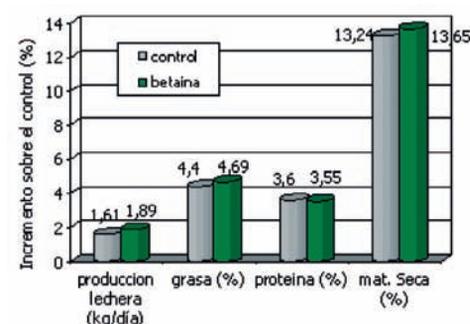
**Gráfico 1:**  
Efecto de la betaína sobre la producción de leche en ovejas de raza Manchega



**Gráfico 2:**  
Efecto de la betaína sobre la composición de leche en ovejas de raza Manchega



**Gráfico 3:**  
Efecto de la betaína en la producción lechera



medios de los diferentes parámetros químicos en leche de oveja Manchega a partir de datos de diferentes autores y organizaciones, se obtuvieron valores medios para leche de oveja de 7,5% de grasa, 5,5% de proteína, 4,8% de lactosa y 18% de extracto seco. Todos los valores obtenidos en este trabajo fueron numéricamente superiores a los encontrados en la bibliografía aunque no suficientes para encontrar diferencias significativas. Debido a que los resultados obtenidos son datos medios de la lactación, es difícil detectar diferencias en momentos concretos de la curva de lactación. Cuando se observa la evolución de la curva de lactación para los 3 tratamientos (Gráfico 1), sí se aprecian diferencias significativas (P<0,05) a favor del tratamiento con el 0,4% de betaína. Estas diferencias se observan en la mitad y final de la lactación, aunque no en el pico. También se comprobó que a mayor contenido en betaína en la dieta mayor es la persistencia en la curva de lactación y por lo tanto mayor producción de leche. Sería necesario realizar más estudios en este sentido, pues probablemente el papel metabólico de la betaína a nivel osmoregulador (controlando la concentración de agua y sales en los enterocitos intestinales) sea el responsable de una mayor resistencia al estrés hídrico que tan común es en nuestra cabaña durante los calurosos veranos en Castilla-La Mancha. Por tanto, puede parecer de interés estudiar en futuras investigaciones (ya que en la actuali-

dad no existen más trabajos que evalúen la influencia de la betaína en ovejas de raza Manchega) la variación de los principales componentes de la leche (grasa y proteína principalmente) a lo largo de la lactación, pues las fluctuaciones en la producción total influirán también en la composición química de la misma. La betaína tampoco afectó al RCS durante la lactación como también observaron Sánchez et al. (2001) y Fernández et al. (2004).

**Experimento 2: cabras de raza Murciano-Granadina**

Los resultados de producción de leche y composición química de la misma, tras el periodo experimental de 5 meses, se encuentra en la **Tabla 2** y **Gráfico 3**. Como se puede apreciar no se han encontrado prácticamente diferencias significativas para ninguno de los parámetros relacionados con el rendimiento lechero. La producción de leche sí fue significativamente (P< 0,05) más elevada para el grupo que consumía betaína frente al control (1,89 y 1,61 kg/d), aunque no se han observado diferencias significativas para el resto de los parámetros químicos de la leche. Los valores medios obtenidos fueron inferiores a los observados por Fernández et al. (2000) con cabras Murciano-Granadinas y cuando el nivel de betaína incorporado al pienso compuesto fue inferior (2%). En nuestro estudio encontramos valores medios de 4,5% para la grasa y de 3,5% para la proteína bruta, frente a los obtenidos por Fernández et al. (2000) con valores medios de 4,89% y 3,76% para grasa y proteína bruta respectivamente. Estas diferencias son debidas a que las cabras del presente experimento fueron de primera lactación mientras que las del experimento del 2000 fueron de segunda lactación. A pesar de no encontrarse diferencias significativas para la composición química en leche, sí se han observado en éste y en previos estudios diferencias numéricas. En alguno de los casos se ha observado una tendencia hacia un mayor contenido en la fracción lipídica de la grasa en leche cuando incorporamos betaína en la dieta. Esta tendencia nos ha llevado a investigar en torno a la fracción lipídica y por lo tanto a analizar el perfil de ácidos grasos en leche de cabra.

**Tabla 2:**  
**Resultado obtenido del experimento 2**

%	Control	Betaína	EEM*
Producción leche, l/d	1,61b	1,89a	0,373
Grasa	4,40	4,69	0,252
Proteína bruta	3,6	3,55	0,071
Proteína verdadera	3,42	3,39	0,072
Caseínas	2,76	2,68	0,041
Proteínas del suero	0,64	0,66	0,003
Lactosa	4,93	4,93	0,001
Extracto seco	13,24	13,65	0,533
Extracto seco magro	8,81	8,8	0,062
Cenizas	0,72	0,71	0,001
Log RCS	5,29	5,46	0,108

\* EEM: error estándar de la media. a, b. Filas con distinto superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

Comprobamos que en el lote de animales alimentados con betaína ha habido un incremento de los ácidos grasos más característicos de la leche de cabra (ácidos grasos de cadena corta-media). Probablemente los grupos metilo de la betaína hayan participado en los cambios en longitud de la cadena de los diferentes ácidos grasos.

Como norma general, cuando alimentamos a los animales rumiantes en lactación con una dieta rica en forraje, sin olvidar el concentrado, nos encontramos que la cantidad de grasa en leche es aproximadamente la misma que la ingestión diaria de lípidos (Christie, 1981). Investigaciones realizadas en los años 60 con ganado vacuno lechero demuestran que es posible modificar el perfil graso de la leche mediante la dieta, es decir, incorporando en la dieta diferentes fuentes de grasa y/o aceites. Generalmente está asumido que los ácidos grasos de longitud de cadena entre los 4 y 14 átomos de carbono son de origen endógeno, es decir, sintetizados por la glándula mamaria. Mientras que los ácidos grasos de 18 átomos de carbonos son de origen exógeno, y los ácidos grasos de 16 átomos de carbono pueden ser de origen endógeno o exógeno. En nuestro experimento se han encontrado diferencias para los ácidos grasos de origen endógeno, es decir, los de cadena más corta (caprónico, cáprico y laurico), siendo estas diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) y a favor de la dieta con betaína. Los ácidos caprónico y cáprico están, en la leche de cabra y también en la de oveja, en

proporción relativamente importante en comparación con la leche de ganado vacuno, por lo que se piensa que puedan influir en el proceso de lipólisis, bien como sustancias directamente activas o como precursoras de otras sustancias, proporcionando a los quesos elaborados con esta leche unas características propias de aroma y sabor, y la betaína incrementa la proporción de éstos ácidos grasos.

Las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) a favor de la dieta control se han encontrado para los ácidos grasos oleico y margárico, ácidos grasos que son de cadena más larga. Pero en nuestras dietas lo único que ha cambiado es el nivel de betaína, es decir el resto de las materias primas de la dieta y el contenido graso de la misma es idéntico para las dos dietas. Por tanto, tendríamos que ver qué es lo que sucede durante la síntesis de ácidos grasos por la glándula mamaria. Parece ser que la síntesis de ácidos grasos por la glándula mamaria ocurre por un proceso de condensación de unidades compuestas por dos carbonos y a través de un camino inverso a la



**En terneros,  
cuando se añade betaína  
durante la sustitución de  
calostro, se reduce el  
número de días de diarrea  
y su intensidad**

$\beta$ -oxidación. Los principales trabajos realizados en vivo con animales rumiantes en lactación han sido llevados a cabo con cabras. Parece ser que el acetato y el  $\beta$ -hidroxibutirato llegan a la glándula mamaria a través del torrente circulatorio para la síntesis de ácidos grasos de novo. Mitchel et al. (1979) demuestran que una parte importante (aproximadamente un 83%) de la betaína es degradada por los microorganismos ruminales y convertida en acetato. Este acetato es absorbido a través de las paredes del rumen y es transportado por el torrente circulatorio. Ésta quizás podría ser una hipótesis que explicase el mayor porcentaje de ácidos grasos de cadena corta encontrados en este trabajo para las cabras que consumieron la dieta con betaína. En un último trabajo (datos aún sin publicar) se han encontrado variaciones en la cantidad de ácido linoléico conjugado (CLA) en leche de cabra al incorporar betaína en la dieta. Los CLA son conocidos por estar relacionados con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Más trabajos en este sentido podrían resultar de enorme interés para la salud pública.

## Conclusiones

- La betaína mejora la persistencia en la curva de producción lechera, sobre todo bajo condiciones de estrés hídrico.
- Los niveles recomendados se sitúan en torno al 2-4% del concentrado.
- Los porcentajes de ácidos grasos saturados de cadena corta-media como el caprónico, cáprico y laurico aumentan con la incorporación de betaína.
- El ácido graso monoinsaturado caproico también aumenta, así como el poliinsaturado linoléico.
- Las relativas altas proporciones de ácidos grasos de cadena corta y media, y los menores niveles de palmítico (relacionado con un efecto hipocolesterolemico) en la grasa de la leche de las cabras a los que se les suplementó con betaína, parece ser beneficioso para la salud humana.

## Bibliografía

La bibliografía de este artículo queda a disposición del lector en: [cjfernandez@uch.ceu.es](mailto:cjfernandez@uch.ceu.es) •